

УДК 519.7; 535; 778.3

PACS number(s): 28.41.Kw; 42.30.Kq; 42.30.Wb; 42.40.Kw; 42.79.Ci

## ЩОДО МОЖЛИВОСТІ ГОЛОГРАФІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ АЕРОЗОЛЮ ОБ'ЄКТА “УКРИТТЯ”

**Я. Довгий**

*Львівський національний університет ім. І.Франка  
вул. Кирила і Мефодія, 8, 79005 Львів, Україна  
e-mail: dovhyj@ukrpost.net*

Запропоновано модельний підхід щодо голографічного моніторингу змін показників заломлення аерозолю у статичному та динамічному режимах. Отримано співвідношення для визначення профілів показників заломлення на основі сканування відповідних голографічних картин.

*Ключові слова:* аерозоль об'єкта “Укриття”, динамічна голографія, профілі показників заломлення.

Аерозоль у локальній зоні об'єкта “Укриття” – це багатокомпонентна мікрочастинкова система, фракційний склад якої охоплює радіоактивні компоненти  $^{137}\text{Cs}$  (середній діаметр мікрочастинок 2,6 мкм [1]),  $^{90}\text{Sr}$  (2,8 мкм) та  $^{139-140}\text{Pu}$  (4,4 мкм), графітовий пил (~20 мкм) і ін. Підтверджено наявність також тонкодисперсної фракції, що містить вказані вище радіоактивні субмікронні частинки ( $\leq 0,1$  мкм), причому з віддаленням від об'єкта “Укриття” ця фракція питомо зростає [2].

Пропонується модельний підхід щодо комп'ютерного обчислення  $\Delta\varphi$  (зміна фази предметного та опорного променів голографічної задачі) для певних профілів оптичних параметрів аерозолю. Вимірюваною величиною є зміна фази сигнальної (об'єктної) світлової хвилі відносно опорної, тобто хвилі зіставлення. Залежно від поставленого завдання (наприклад, статична чи динамічна модельна задача) вибирають схему та режим голографування. Локальні фазові зміщення, зумовлені відповідними оптичними неоднорідностями, тобто змінами  $n(x, y, z)$ , можна обчислити за формулою

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \int_{(i)} [n(x, y, z) - n_0] dl, \quad (1)$$

де інтеграл беруть в області  $i$ -тої неоднорідності,  $n_0$  – показник заломлення за відсутності цієї неоднорідності.

Метою дослідження фазової неоднорідності є визначення просторового розподілу показника заломлення, який безпосередньо пов'язаний зі щільністю газу (аерозольна компонента) або неоднорідністю поверхні досліджуваної твердотільної проби. При цьому за вимірними інтегральними величинами  $\Delta\varphi$  визначають функцію розподілу  $n(x, y, z)$ .

Нехай  $z$  – напрям плоскої сигнальної хвилі і об'єкт, симетричний відносно осі  $x$ . Тоді показник заломлення є функцією двох координат ( $x$  та  $r = \sqrt{y^2 + z^2}$ ) і формула (1) набуває вигляду

$$\Delta\varphi = \frac{4\pi}{\lambda} \int_r^R [n(x, r) - n_0] \frac{r dr}{\sqrt{r^2 - y^2}}, \quad (2)$$

що є відомим інтегральним рівнянням Абеля. Його точний розв'язок такий:

$$n(x, y) - n_0 = -\frac{\lambda}{2\pi^2} \int_r^R \frac{\Delta\varphi(x, y)}{\sqrt{y^2 - r^2}} dy, \quad (3)$$

де  $R$  – радіус зони голографування.

Топологію поверхні  $n(x, y)$  можна змоделювати на комп'ютері [3].

Для загального випадку тривимірного розподілу показника заломлення  $n(x, y, z)$ , зміна фази під час просвічування у напрямі  $S_i$

$$\Delta\varphi_i = \frac{2\pi}{\lambda} \int_{S_i} \Delta n(x, y, z) dS_i, \quad (4)$$

де  $\Delta n(x, y, z) = n(x, y, z) - n_0$ .

Розглянемо переріз поля  $\Delta n(x, y, z)$  площиною, перпендикулярною до осі  $z$ . У такому разі  $z$  стає параметром і тривимірний випадок зведеться до двомірного. Якщо перейти до полярних координат у площині  $(x, y)$ , то

$$\frac{2\pi}{\lambda} \int_S \Delta n(x, y, z) dS = \Delta\varphi(\rho, \theta),$$

де  $\rho$  – відстань предметного променя від початку координат,  $\theta$  – кут цього променя з віссю  $z$ . Тому розв'язок рівняння (4) матиме вигляд

$$\Delta n(r, \alpha) = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} d\theta \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\partial}{\partial \rho} \Delta\varphi(\rho, \theta) \frac{d\rho}{r \sin(\alpha - \theta) - \rho}, \quad (5)$$

де  $r$  і  $\alpha$  – полярні координати точки, для якої визначають показник заломлення.

Рівняння (5) якраз є шуканим розв'язком оберненої задачі голографії, на основі якого можна безпосередньо за експериментальними спектроінтерферографічними різницями ходу, виміряними під різними кутами просвічування у межах  $180^\circ$ , визначати функції  $n(x, y, z)$  досліджуваного об'єкта.

Голографічна інтерферометрія динамічних об'єктів може бути рекомендована як засіб відстежування змін параметрів аерозолі об'єкта „Укриття” у реальному масштабі часу.

Для динамічних систем (аерозолі або субмікронний пил у зоні повітряних потоків) голографування відбувається з використанням імпульсних лазерів (найчастіше рубінових). Це так звана імпульсна голографічна інтерферометрія, яку вже тривалий час успішно застосовують при дослідженнях плазми, ударних хвиль, оптичного та електричного пробіїв, при стендових вивченнях газодинамічних процесів [4]. Зазвичай спочатку фіксують першу (реперну) інтерферограму, відтак у кіноголографічному режимі послідовно фіксують голограми динамічної системи із заданим інтервалом часу.

У пропонованій схемі, що ґрунтується на вимірюванні зміщень інтерференційних смуг, вплив аберацій оптичної системи мінімізується способом, апробованим у [5].

Релаксаційні процеси, пов'язані з динамікою аерозолу та зі слабким поглинанням світла, впливатимуть на контрастність інтерференційних картин. Конкретний розгляд цієї проблеми буде предметом окремої публікації.

1. *Гаргер Е.К.* та ін. В зб. Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. Вип. 1. Чорнобиль, 2004. С. 125–135.
2. *Мриглод І.М., Омелян І.П., Юхновський І.Р.* Динаміка субмікронного пилу у повітряному середовищі: чорнобильські аспекти // Укр. фіз. журн. 2005. Т. 50. № 8А. С. 52–64.
3. *Довгий Я., Шовгенюк М., Козловський Ю.* Голографічна візуалізація дисперсних середовищ // Фіз. збірн. НТШ. 2006. Т. 6. С. 56–63.
4. *Вест Ч.* Голографическая интерферометрия. Пер. с англ. М.: Мир, 1982. 504 с.
5. *Ляликов А.М.* Голографическая интерферометрия реального масштаба времени с использованием наложенных голограмм-компенсаторов // Журн. техн. физ. 2007. Т. 77. Вып. 8. С. 79–85.

#### IN RESPECT OF POSSIBILITY OF THE HOLOGRAPHIC MONITORING OF PARAMETERS OF THE AEROSOL IN THE “SHELTER” OBJECT

**Ya. Dovhyj**

*Ivan Franko Lviv National University, Physical Department  
Kyryla and Mefodia Str., 8, UA-79005 Lviv, Ukraine  
e-mail: dovhyj@ukrpost.net*

Model approach in respect of the holographic monitoring of refractive indexes changes of the aerosol in the static and dynamic regimes is offered. It has been obtained the relations for determination of refractive indexes profiles on a basis of scanning of the proper holographic pictures.

*Key words:* aerosol in the „Shelter” object, dynamic holography, refractive indexes profiles.

#### ПРО ВОЗМОЖНОСТЬ ГОЛОГРАФИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ АЭРОЗОЛЯ ОБЪЕКТА “УКРЫТИЕ”

**Я. Довгий**

*Львовский национальный университет им. И.Франко  
ул. Кирилла и Мифодия, 8, 79005 Львов, Украина  
e-mail: dovhyj@ukrpost.net*

Предлагается модельный подход для голографического мониторинга изменений показателей преломления аэрозоля в статическом и динамическом режимах. Получено соотношение для определения профилей показателей преломления на основе сканирования соответствующих голографических картин.

*Ключевые слова:* аэрозоль объекта “Укрытие”, динамическая голография, профили показателей преломления.

Стаття надійшла до редколегії 01.02.2008  
Прийнята до друку 20.07.2009